



ICES
VIŠJA STROKOVNA ŠOLA

Diplomsko delo višješolskega strokovnega študija
Program: Elektroenergetika
Modul: Elektroenergetska učinkovitost in električne
inštalacije

**SLABE NAPETOSTNE RAZMERE IN
REKONSTRUKCIJA NN-OMREŽJA:
PRIMER POSTAVITEV NOVE TP-POSTAJE
ZG. NEGONJE**

Mentor: Matjaž Bobnar, univ. dipl. inž. el.
Lektorica: mag. Nataša Koražija, prof. slov.

Kandidat: Janko Perkovič

Rogaška Slatina, julij 2020

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju Matjažu Bobnarju, univ. dipl. inž. el., za pomoč pri izdelavi diplomske naloge.

Zahvaljujem se tudi lektorici mag. Nataši Koražija, ki je mojo diplomsko nalogo jezikovno in slovnično pregledala.

Posebno se zahvaljujem svoji družini za spodbude pri študiju.

IZJAVA

Študent/ka Janko Perkovič izjavljam, da sem avtor/ica tega diplomskega dela, ki sem ga napisal/a pod mentorstvom Matjaža Bobnarja, univ. dipl. inž. el.

Skladno s 1. odstavkom 21. člena Zakona o avtorski in sorodnih pravicah dovoljujem objavo tega diplomskega dela na spletni strani šole.

Dne _____

Podpis: _____

POVZETEK

Obstoječe niskonapetostno omrežje na področju Zgornjega Nagonja je bilo grajeno leta 1973, skladno s takratnimi JUS-standardi (Jugoslovanski standard) in tehničnimi predpisi za niskonapetostna omrežja, ki ne ustrezajo današnjim smernicam in standardom.

Zaradi umestitve in izgradnje novih objektov v prostor, kakor tudi z vse splošno povečano porabo po električni energiji in zahtevami po povečanju odjemnih moči obstoječih elektroenergetskih soglasij trenutno niskonapetostno omrežje ni bilo več ustrezno.

Obstoječe niskonapetostno omrežje je bilo izvedeno prostozračno, z golimi vodniki AL/Fe presekov $4 \times 35 \text{ mm}^2$ in $4 \times 25 \text{ mm}^2$, ki je potekalo po razgibanem terenu. Zaradi velikih razdalj in zahtevnega terena napajanje odjemalcev z električno energijo ni bilo zanesljivo in je prihajalo do večkratnih prekinitev. Prav tako so se vrstile pritožbe odjemalcev električne energije s področja Zgornjega Nagonja o slabi kakovosti električne energije, ki se izkazuje z napetostnimi nihanjem in poškodbami gospodinjskih aparatov.

Zanesljivost oskrbe z električno energijo je v današnjem času pomembna lastnost, ki vpliva na ekonomijo v elektroenergetskih sistemih, prav tako so vsi izpadi in okvare analizirani z determinističnim pristopom in kriterijem za zagotavljanje zanesljivosti. Zato je treba porabnikom zagotoviti zanesljivo in kakovostno oskrbo z električno energijo, kar pa pomeni čim manj izpadov na letni ravni.

Po opravljenih meritvah kakovosti električne energije, ki so potrdile upravičenost pritožb odjemalcev, se je pristopilo k izdelavi projektne naloge za rekonstrukcijo omrežja z vgradnjo nove transformatorske postaje TP 20/0,4 kV Zgornje Nagonje s pripadajočim dovodnim srednje napetostnim kablovodom in vključitvijo niskonapetostnega omrežja.

KLJUČNE BESEDE:

- slabe napetostne razmere,
- transformatorska postaja,
- kablovod 20 kV,
- nizko napetostno omrežje 0,4 kV.

ABSTRACT

The existing low-voltage network in the area of Zgornje Negenje was built in 1973, following the formerly applicable JUS standards (Yugoslav standards) and technical regulations for low-voltage networks, which do not satisfy contemporary guidelines and standards. Due to the installation and construction of new facilities in this space, as well as because of the related generally increased consumption of electric power and requirements to increase the power demand in the already existing regulations of the electricity consensus, the current low-voltage network was no longer adequate. The existing low-voltage network was constructed through free air delivery (FAD), using bare Al/Fe conductors with the cross-sections of 4 x 35 mm² and 4 x 25 mm², which ran over diverse terrain. Due to long distances and demanding terrain, the power supply provided to electricity consumers was not reliable and there were regular interruptions. Furthermore, there were also several complaints from electricity consumers in the area of Zgornje Negenje about the poor quality of electric power supply, which was supposedly reflected in voltage fluctuations and damages to their household appliances. Nowadays, the reliability of electricity supply is an important feature that affects the economy in all electricity networks, which is why all power outages and damages are analysed through a deterministic approach and criteria of ensuring reliability. As follows, consumers should be provided with a reliable and high-quality electricity supply, which on an annual basis should result in as few outages as possible. After the conducted electric quality measures, which confirmed the legitimacy of consumer complaints, we initiated a project task for reconstructing the network by installing a new transformer station TP 20 / 0.4 KV Zgornje Negenje supplying the associated medium-high voltage cable circuit and implementing the integration of a low-voltage network. **KEYWORDS:** poor voltage conditions, transformer station, 20 KV cable ducts, low-voltage network 0.4 KV.

KEYWORDS

- poor voltage conditions,
- transformer station,
- 20 kV cable line,
- low voltage network 0,4 kV.

KAZALO

1	UVOD	1
1.1	Opredelitev problema – slabe napetostne razmere	1
1.2	Namen in cilj naloge.....	1
2	NIZKONAPETOSTNA OMREŽJA	1
2.1	Zgradba NN-omrežja	1
2.2	Omejitve dolžine NN-kablov.....	2
2.3	Označevanje kablov.....	2
2.3.1	Barve izolacij vodnikov.....	3
3	TRANSFORMATORSKA POSTAJA ZG. NEGONJE.....	4
3.1	Splošni opis TP ZG. Negonje.....	4
3.2	Splošni podatki TP ZG. Negonje	5
3.2.	Lokacija in temeljenje tp zg. negonje	6
3.2.2	Transformatorski prostor	7
3.2.3	Srednje napetostno stikališče	9
3.2.4	Niskonapetostna plošča	9
3.2.5	Zaščita transformatorja.....	10
3.2.6	Zaščita ozemljitve TP	11
3.2.7	Merjenje električne energije.....	12
4	KABLOVOD 20 kV	13
4.1	Opis	13
4.2	Splošni podatki	14
4.2.1	Polaganje kabla.....	15
4.2.2	Polaganje kabla prosto v zemljo	15
4.2.3	Kabelska kanalizacija	17
4.2.4	Oporišče nosilni drog.....	18
4.2.5	Ozemljitev na nosilnem drogu	20
5	NIZKONAPETOSTNO OMREŽJE 0,4 KV	20
5.1	Opis niskonapetostnih izvodov.....	20
5.1.1	Izvod 1 – A-drog – smer sever.....	22
5.1.2	Izvod 2 – A-drog – smer vzhod.....	22
5.1.3	Izvod 3 – smer PS – RO1.....	23
5.1.3.1	Izvod 1 iz PS–RO1 – smer Bele	25
5.1.3.2	Izvod 2 iz PS–RO1 smer NNO	25
5.1.3.3	Polaganje NN-kablov.....	26
5.1.4	Ozemljitev na izvodih transformatorske postaje.....	26
5.2	Kontrola padcev napetosti v nn omrežju	28
5.2.1	Izračun kratkostičnih razmer in določitev varovanja izvodov	28
5.2.1.1	Izvod 1 iz TP ZG Negonje – smer sever	29
5.2.1.2	Izvod 2 iz TP ZG. Negonje – smer vzhod	30
5.2.1.2	Izvod 3 iz TP ZG. Negonje – PS–RO1	31

5.1.2.4 Izvod 1 iz PS–RO1 smer Bele	31
5.1.2.5 Izvod 2 iz PS–RO1 NNO v tč. E	32
6 ZAKLJUČEK.....	33
7 LITERATURA IN VIRI	35

KAZALO SLIK

Slika 1: Prikaz strukture NN-omrežja.....	2
Slika 2: Barve vodnika.....	4
Slika 3: TP Zg. Negonje	6
Slika 4: Lokacija TP Zg. Negonje.....	7
Slika 5: Transformatorski prostor.....	8
Slika 6: Nizkonapetostni razdelilec	10
Slika 7: Merilna omarica TP.....	13
Slika 8: Polaganje kablovoda	17
Slika 9: Priključni drog	19
Slika 10: Enočrtna shema.....	21
Slika 11: A drog.....	23
Slika 12: PS–RO1	24
Slika 13: Oprema PS–RO1.....	25

KAZALO TABEL

Tabela 1: Največje dopustne dolžine kablov.....	2
Tabela 2: Izračun smer sever	29
Tabela 3: Izračun smer vzhod	30
Tabela 4: Izračun PS–RO1.....	31
Tabela 5: Izračun smer bele	32
Tabela 6: Izračun PS–RO1 NNO.....	33

KRATICE IN AKRONIMI

TP – Transformatorska postaja

VN – Visoka napetost

NN - Nizka napetost

PS – Prosto stoječa

RO – Razdelilna omarica

A – Amper

V – Volt

kV – Kilovolt

Ω – Ohm

KB – kablovod

kVA – kilovolt amperi

SN – srednja napetost

PVC – polivinilklorid

SKS – samonosilni kabelski snop

PE-HD – polietilenske tlačne cevi

SODO – sistemski operater distribucijskega omrežja

Cu – baker

PEN – zaščitno nevtralna zbiralka

1 UVOD

1.1 OPREDELITEV PROBLEMA – SLABE NAPETOSTNE RAZMERE

Slabe napetostne razmere so se začele pojavljati z izgradnjo novih objektov. Zaradi tega so se povečale odjemne moči električne energije in prav tako se dandanes v gospodinjstvih uporablja vedno več porabnikov na električno energijo, kar še dodatno obremenjuje omrežje. S tem so se pojavile potrebe za večje prenose el. energije, za kar pa tedanja niskonapetostna omrežja niso bila grajena. Življenjska doba električnih omrežij je predvidena približno 40 let, zato so se v distribuciji v vmesnem času pojavili novi kriteriji in smernice za NN-omrežja, ki so bila grajena večinoma v prosto zračni obliki z majhnimi preseki vodnikov in zelo dolgimi dolžinami vodov, kar je pripeljalo do velikih nihanj napetosti in velike upornosti okvarne zanke omrežja. Za stanovanjske objekte, ki se napajajo iz niskonapetostnega omrežja, velja za dopustni padec za razsvetljavni tokokrog padec v višini 3 %, za tokokroge drugih porabnikov pa 5 %, kar smo pred rekonstrukcijo omrežja presegali na bolj oddaljenih porabnikih. Zato je tudi po novih smernicah pri novogradnji NN-omrežja ali rekonstrukciji pravilo, da iz transformatorske postaje položimo podzemni kablovod tipa in preseka Al 4 x 240 mm², če je zadnji odjemalec oddaljen več kot 640 m od transformatorske postaje.

1.2 NAMEN IN CILJ NALOGE

Namen diplomske naloge je prikazati potek rekonstrukcije omrežja, kar vključuje analizo obstoječega omrežja, dimenzioniranje in položitev novih NN- in SN-vodov ter izgradnjo transformatorske postaje z vsemi povezanimi deli. Cilj naloge je, da se po vseh opravljenih delih zagotovi izboljšanje napetostnih razmer na področju TP Nagonje izvod Zgornje Nagonje.

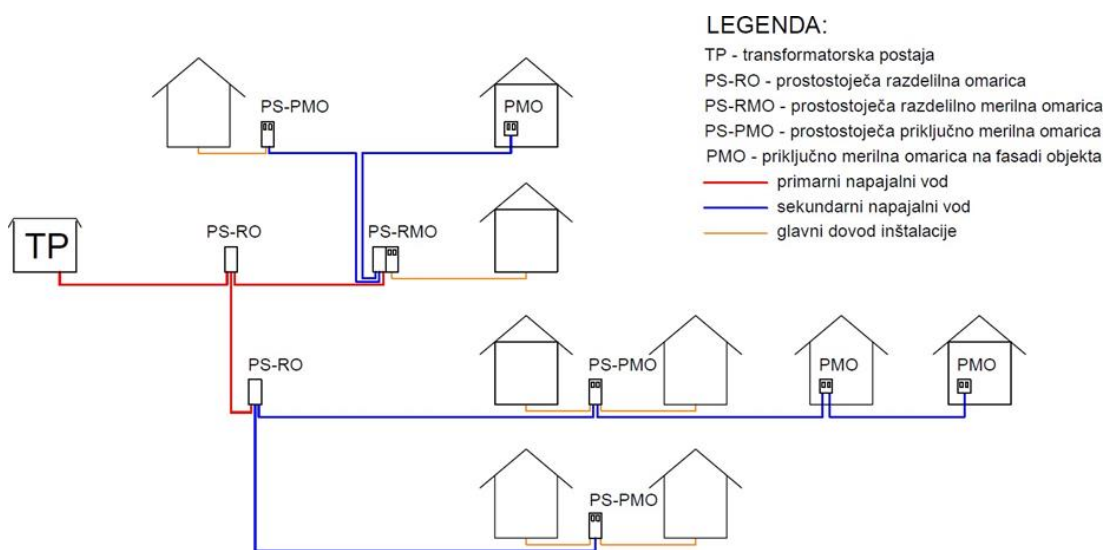
2 NIZKONAPETOSTNA OMREŽJA

2.1 ZGRADBA NN-OMREŽJA

Niskonapetostno omrežje zajema prenos električne energije med transformatorsko postajo in končnim odjemalcem.

- **Izvod iz transformatorske postaje** – glavni napajalni vodi.
- **Odcepni vodi na izvodu** – krajši vodi.
- **Priključek** – vod med NN-omrežjem in končnim odjemalcem.

- **Priključno mesto** – merilno mesto s števcem in glavnimi varovalkami.



Slika 1: Prikaz strukture NN-omrežja
Vir: (Kriteriji načrtovanja NN-omrežja)

2.2 OMEJITVE DOLŽINE NN-KABLOV

V sedanjem obdobju gradimo NN-omrežja z aluminijскими kablji. Mejne dolžine kablov so izračunane tako, da imamo na koncu NN voda na voljo še $0,05 \Omega$

Prerez Al vodnikov kabela	Ohmska upornost vodnikov Ω/km	Največja dolžina m
35	1,00	150
70	0,50	300
150	0,24	625
240	0,15	1000

Tabela 1: Največje dopustne dolžine kablov
Vir: (Kriteriji načrtovanja NN-omrežja)

2.3 OZNAČEVANJE KABLOV

Oznako kabela sestavljajo skupine črk in števil, ki označujejo konstrukcijo kabela od sredine navzven. Priporočeno je, da naj se uporablja označevanje po sistemu DIN/VDE 0271/0276.

Primer:

N A 2X Y – J 4 x 70 SM 0.6/1 kV
-1 -2- -3- -4- -5- -6- -7- -8- -9-

-1- Skladnost s standardom

N oznaka za kabel

-2- Vodnik

A vodnik iz aluminija

/ bakren vodnik (brez oznake)

-3- Izolacija

Y polivinilklorid (PVC)

2X omreženi polietilen (XLPE)

-4- Plašč

Y polivinilklorid (PVC)

2Y termoplastičen polietilen (PE)

-5- Zaščitni vodnik

0 brez rumeno zelene žile

J z rumeno-zeleno žilo

-6- Število vodnikov

-7- Nazivni prerez vodnika v mm²

-8- Oblika vodnika

RM okrogel več žičnati

SM sektorski več žičnati

-9- Naznačena napetost U₀/U

Vir: (Sodo)

2.3.1 Barve izolacij vodnikov

Barve izolacije vodnikov kabla morajo ustrezati spodaj navedenim barvam, odvisno od sistema NN-omrežja:

Vgradnja kabla v sistem TN NN-omrežja:

- rumeno-zelena PEN vodnik,
- rjava vodnik L1,
- črna vodnik L2,
- siva vodnik L3.

Vgradnja kabla v sistem TT NN omrežja:

- svetlo modra N vodnik,
- rjava vodnik L1,
- črna vodnik L2,
- siva vodnik L3.



Slika 2: Barve vodnika
(Vir: lasten)

3 TRANSFORMATORSKA POSTAJA ZG. NEGONJE

3.1 SPLOŠNI OPIS TP ZG. NEGONJE

Predvidena TP Zgornje Negonje bo napajala obstoječe in bodoče odjemalce električne energije na območju Zgornje Negonje v občini Rogaška Slatina.

Izgradnja transformatorske postaje Zgornje Negonje in električnih vodov je potrebna zaradi izboljšanja napetostnih razmer ter zagotavljanja kakovosti dobavljene električne energije na tem območju.

Predvidena transformatorska postaja bo tipska transformatorska postaja 20/0,4 kV moči do 1 x 250 kVA. V transformatorsko postajo se bo v prvi fazi namestil transformator nazivne moči 100 kVA, kasneje pa je možna vgradnja transformatorja moči do 250 kVA.

Za napajanje transformatorske postaje se predvidi priključni kablovod 20 kV DV 20 kV Kostrivnica, odcep Negonje tč. 5 – TP Zgornje Negonje, ki bo potekal od tč. 5 obstoječega DV 20 kV Kostrivnica odcep Negonje.

Za kablovod 20 kV se glede na tipizacijo uporabijo enožilni kabli, tip NA2XS(F)2Y 1 x 70/16 mm², 20 kV. Enožilni kabli se položijo prosto v zemljo, pri križanju komunalnih vodov, cest, poti se uvlečejo v predvideno kabelsko kanalizacijo, ki se izdelava iz obbetoniranih cevi PVC Ø 160 mm. Trasa SN-kablovoda 20 kV je dolžine cca. 1288 m.

Za kasnejšo položitev optičnih kablov se vzporedno s kablovodi položijo cevi PE-HD 2 x Ø 50 mm.

3.2 SPLOŠNI PODATKI TP ZG. NEGONJE

Naziv postaje:	Transformatorska postaja Zgornje Negonje
Transformacija:	20000 / 400–230 V
Prestavno razmerje Tr:	21000 / 420–242 V
Ohišje TP:	Tipaska transformatorska postaja 20/0,4 kV, moči do 1 x 250 kVA
Vrsta postaje:	Končna
Dimenzije postaje:	Dolžina: 2000 mm (maksimalno 2000 mm) Širina: 1700 mm (maksimalno 1700 mm) Višina: 1850 mm (maksimalno 2800 mm)
Moč transformatorja:	100 kVA, (maksimalno do 250 kVA)
Tip transformatorja:	7HTIM 100
SN-postroj:	SN kabelski priključek, 3-polno podnožje SN varovalk
Kabelski konektor za transformator:	RSSS 5227, 12/20 kV, »Raychem«, CGS 24 kV 250A, 16-95, »Cellpack«
Kabelski končnik notranji:	POLT-24C/1XI, 12/20 kV, »Raychem«, CHE-I 24 kV, 70-240, »Cellpack«
SN-odvodnik prenapetosti:	HDA 20MA-NHH, 25 kV, »Raychem«
NN-postroj:	NN-plošča s petimi stikalnimi letvami »Eti« SL2 3P, 400 A in dvema stikalnima letvama »Eti« SL00 3P, 160 A; in opremo za zaščito transformatorja po enočrtni shemi
NN-odvodnik prenapetosti:	PROTEC B2S 37,5/275 (3+0), »Iskra«
Maksimalna kratkostična moč na zbiralkah 20 kV:	500 MVA

Število izvodov:

a) na SN-strani

- dovodni kablovod 20 kV z DV 20 kV Kostrivnica odcep Nagonje oporišče št. 5, kabel 3 x NA2XS(F)2Y 1 x 70/16 mm²

b) na NN-strani:

- izvod 1: tč. F, kabel tip NAY2Y-J 4 × 150 + 1,5 mm², 1 kV,
- izvod 2: tč. F, kabel tip NAY2Y-J 4 × 150 + 1,5 mm², 1 kV,
- izvod 3: RO1, kabel tip NAY2Y-J 4 × 150 + 1,5 mm², 1 kV,
- izvod 4: rezerva,
- izvod 5: rezerva.



Slika 3: TP Zg. Nagonje
(Vir: lasten)

3.2. LOKACIJA IN TEMELJENJE TP ZG. NEGONJE

Transformatorska postaja Zgornje Nagonje je postavljena na parceli št. 797/4, k. o. Nagonje. Lokacija transformatorske postaje Zgornje Nagonje bo 4 m (zahodni vogal) oziroma 3 m (vzhodni vogal) stran od roba občinske ceste. Postaja se orientira tako, da je dostop z omenjene ceste do SN- in NN-dela TP z južne strani, do

transformatorskega prostora pa z vzhodne strani. Pri postavitvi gradbenega dela TP je bilo treba upoštevati niveleto terena. Na predvideni lokaciji TP se v velikosti tlorisne površine TP izkoplje zgornji sloj zemlje debeline do pribl. 0,9 m. Izdela in utrdi se gramozni tampon debeline 0,15 m, na katerega se izdela še podbeton debeline 0,1 m. Okolica transformatorske postaje se nasuje z materialom iz izkopa. Kota spodnjega roba vrat bo minimalno 20 cm nad končno niveleto ceste.

Na lokaciji predvidene transformatorske postaje Zgornje Ngonje se nahaja obstoječi vodovod, ki ga je bilo treba prestaviti, da je razdalja do predvidene TP Zgornje Ngonje znašala 3 m. Lokacija transformatorske postaje je razvidna iz priložene situacije.



*Slika 4: Lokacija TP Zg. Ngonje
(Vir: Elektro Celje, d. d.)*

3.2.2 Transformatorski prostor

Transformator se namesti v ločen prostor tlorisnih dimenzij 1800 x 800 mm. V transformatorsko postajo se v prvi fazi montira distribucijski transformator moči 100 kVA, tip 7HTIM 100.

Tehnični podatki transformatorja, tip 7HTIM 100 so:

- nazivna moč: 100 kVA,
- nazivna napetost: 20 kV,
- prestavno razmerje: $21000 \pm 5 \%/420-242 \text{ V}$,
- vezava: Yzn 5,
- kratkostična napetost: 4 %,
- skupna masa: 645 kg.

Ohišje transformatorske postaje omogoča vgradnjo trifaznega distribucijskega transformatorja maksimalne nazivne moči 250 kVA. Temeljno korito, v katerem je nameščen transformator, služi tudi kot zbiralnik eventualno iztočenega olja. Transformator brez koles se postavi v korito na trdo gumo.



*Slika 5: Transformatorski prostor
(Vir: lasten)*

3.2.3 Srednje napetostno stikališče

Srednje napetostni postroj bo vseboval SN-kabelski priključek, tripolni podstavek SN-varovalk, z visoko učinkovitimi SN-varovalkami nazivnega toka 10 A, z udarnim mehanizmom in SN-odvodniki prenapetosti.

Za vrati SN posluževalnega dela so nameščena mrežasta vrata na tečajih, ki predstavljajo dodatno fizično zaščito SN delov pred slučajnim dotikom. Na vratih sta izvedeni dve odprtini za indikacijo prisotnosti napetosti oziroma za ugotovitev brez napetostnega stanja – nad in pod tripolnim SN-varovalnim podnožjem. Tripolni podstavek varovalk ima v zgornjem delu nameščena dva nastavka, ki služita za ozemlje vanje in kratkostičen je pri delu. V normalnem obratovalnem stanju so mrežasta vrata zapahnjena, odprtine za indikacijo prisotnosti napetosti pa so v zaprtem položaju.

Oprema transformatorske postaje je po podatkih proizvajalca dimenzionirana za kratkostično moč 550 MVA v 20 kV omrežju zato v 20 kV omrežju Elektra Celje, d. d., ne bo presežena.

3.2.4 Nizkonapetostna plošča

Nizkonapetostni prostor je od srednje napetostnega prostora ločen s pregradno steno. Nizkonapetostna plošča, dimenzij 1300 x 700 mm, se izdelava po priloženi enočrtni vezalni shemi za pet (5) NN izvodov in je opremljena z naslednjimi elementi:

- fazne zbiralnice iz ploščatega profila Cu 40x5 mm,
- PEN zbiralnica iz ploščatega profila Cu 40x5 mm,
- NV-stikalna letev Eti z varovalkami vel. 2/185, SL2 3P, 400 A, (1 kom) za zaščito,
- transformatorja na NN-strani,
- tokovni transformatorji, ASK 41.4, 150/5 A, 2,5 VA, $r = 0,5$, »MBS«, – za meritve,
- NV-stikalna letev Eti z varovalkami vel. 2/185, SL2 3P, 400 A, (4 kom),
- NV-stikalna letev Eti z varovalkami vel. 00/185, SL00 3P, 160 A, (1 kom),
- NV-stikalna letev Eti z varovalkami vel. 00/185, SL00 3P, 160 A, (1 kom) za varovanje NN,
- odvodnikov prenapetosti,
- odvodniki prenapetosti Protec B2S (3+0), 37,5 kA, 275 V,
- dva enopolna varovalna ločilnika, tip VLC10 s cilindričnima talilnima vložkoma, tip CH10,
- oziroma 16 A,
- vtičnica 230 V, 16 A, 50 Hz

Zbiralke se po potrebi pokrijejo in zaščitijo pred dotikom s ploščo iz pleksi stekla.



*Slika 6: Niskonapetostni razdelilec
(Vir: lasten)*

Za primer nujnih nočnih intervencij, remontnih del ali podobno bo imela transformatorska postaja lastno razsvetljavo. V transformatorski prostor, SN-stikališče in pri NN-plošči se na stene vgradijo led svetilke, prav tako v merilno omarico. Razsvetljavo v transformatorski postaji vklapljamemo in izklapljamemo s končnimi stikali, ki so nameščena v vsakem prostoru, pri vhodnih vratih.

3.2.5 Zaščita transformatorja

Na primarni strani bo transformator pred kratkimi stiki in preobremenitvam varovan z visokoučinkovnimi varovalkami 10 A, 20 kV.

Na sekundarni strani bo transformator varovan pred preobremenitvami z nizkonapetostnimi varovalkami 160 A, ki bodo nameščene v tripolno NV-vertikalno stikalno letev, tip SL2 3P, 400 A, »Eti«.

Pred atmosferskimi prenapetostmi bo transformator zaščiten na nizkonapetostni strani z nizkonapetostnimi prenapetostnimi odvodniki, ki se vgradijo na nizkonapetostno ploščo za varovalnim podnožjem, ki se opremi z NV-varovalnimi vložki 160 A. Na srednje napetostni strani pa bo zaščiten s srednje napetostnimi odvodniki prenapetosti.

3.2.6 Zaščita ozemljitve TP

Vsi kovinski deli SN- in NN-naprav v TP, kot so: kotel distribucijskega transformatorja, srednje napetostni in nizko napetostni odvodniki prenapetostni nameščeni v TP, kovinski opleti – električna zaščita energetskih kablov, sekundarni tokokrogi merilnih transformatorjev se z izoliranimi vodnikom (rumeno-zelen) povežejo z zbiralko za izenačitev potencialov. Za povezave kovinskih delov z zbiralko za izenačitev potencialov se glede na termično obremenitev uporabi kabel minimalnega prereza 16 mm² baker ali 35 mm² aluminij, vendar se glede na kriterij elektromagnetne združljivosti priporoča bakren kabel čim večjega prereza vsaj 70 mm².

Notranja zaščitna ozemljitev se poveže z zunanjo potencialno ozemljitvijo preko obeh merilnih stikov – ozemljitveni sponki tip HEA-PK-M12/100. Za priključitev pocinkanega valjanca Fe-Zn 25 x 4 mm zunanje ozemljitve se uporabita križni sponki s prigrajenima vijakoma M12, tip Z-KG-M12, ali podobna.

Zunanja ozemljitev se izdelava v obliki dveh potencialnih obročev in štirih krakov. Oddaljenost obročev od temelja TP in globina polaganja morata biti takšni, da se doseže ugodnejše oblikovanje potenciala. Prvi potencialni obroč se položi 1 m od temelja TP in globina 0,5 m, drugi pa v oddaljenosti 2,5 m od prvega obroča in globina 0,8 m. Obročja se povežeta s kraki ter s pripravljenima krakoma za povezavo z notranjo zaščitno ozemljitvijo TP. Z zunanjo potencialno ozemljitev se poveže tudi temeljsko ozemljilo transformatorske postaje in vse kovinske mase v zemlji, ki so oddaljene manj kot 20 m, razen tistih, za katere je to z drugimi predpisi prepovedano (katodna zaščita). Za povezave pocinkanega valjanca v zemlji se uporablja križna sponka 60 x 60/III, M8.

Kadar se pri izkopu izkaže, da je izkopani material glina ali zelo vlažna zemlja, se priporoča, da se uporabi valjanec in križne sponke iz nerjavnega jekla, da ne pride do razjedanja (korozije) materiala. Uporabi naj se valjanec tip RH1, 30x3,5 mm in križna sponka tip KON H4.

Na prehodih valjanca iz betona v zemljo naj se prehod zaščiti pred korozijo s premazi, kot sta npr. katran in bitumen, ali pa se zalijejo s plastično maso.

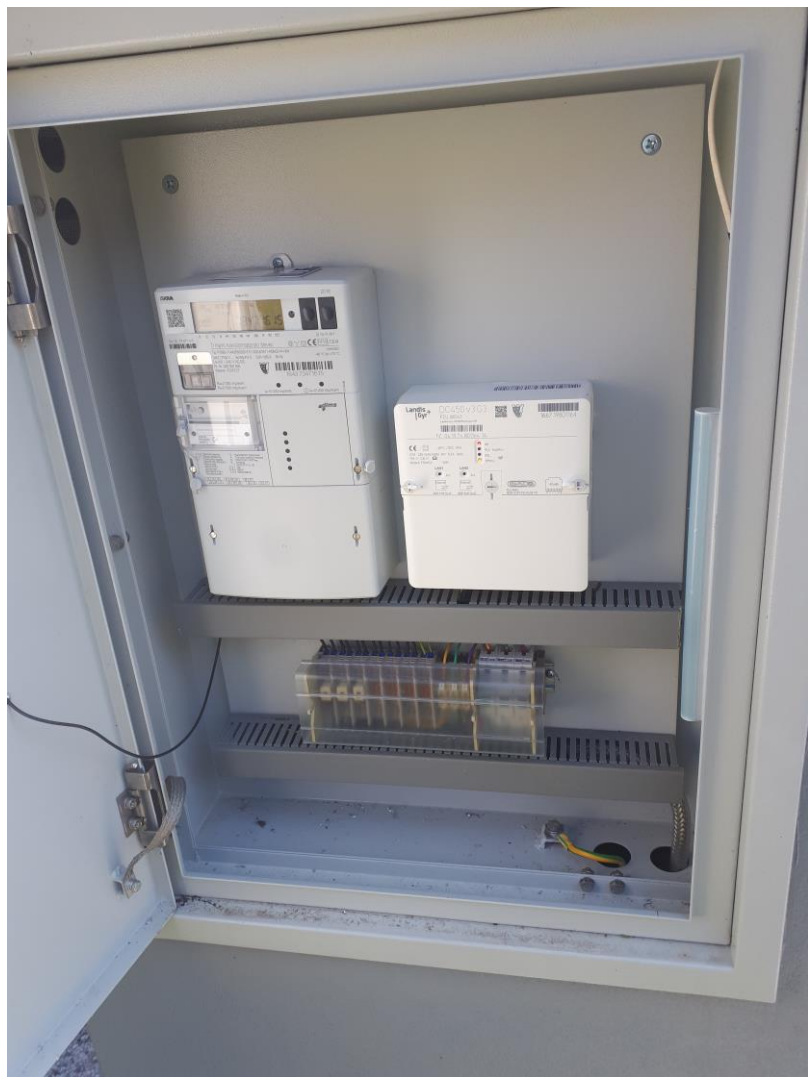
Za izvedbo 5-ohmske ozemljitvene upornosti je pri podani specifični upornosti tal 150 Ω m glede na način izvedbe ozemljitve potrebnega pribl. 72 m pocinkanega valjanca Fe-Zn 25x4 mm.

Prehodna upornost ozemljitve zaradi vgradnje prenapetostnih odvodnikov mora biti po priporočilu SIST EN 50423-3-21:2009 manj kot 10 Ω , vendar velikost ozemljitvene upornosti pri TP ne sme presegati vrednosti 5 Ω ($R_z \leq 5\Omega$).

3.2.7 Merjenje električne energije

V transformatorsko postajo je vgrajena ločena merilna omarica, v katero se namesti merilna garnitura za spremljanje porabe električne energije. Merilna garnitura obsega elektronski trifazni večfunkcijski števec »Iskra« tip MT 880 -T1A42R56, 3 x 230/400 V, 5A in koncentrador P2LPC ali »Landis«, ZMD410CT44, 3 x 230/400 V, 5A in koncentrador, tip DC450 ter tipske merilne spončne letve z nameščenimi odvodniki prenapetosti in tremi enopolnimi varovalnimi ločilniki s cilindričnimi talilnimi vložki.

Za meritve se uporabijo tokovni transformatorji ASK 41.4, 150/5A, $r = 0,5$, 2.5 VA, »MBS«, ki se morajo ob eventualni menjavi transformatorja zamenjati.



Slika 7: Merilna omarica TP
(Vir: lasten)

4 KABLOVOD 20 kV

4.1 OPIS

Predviden dovodni kablovod v TP Zgornje Negenje se izvede s tremi enožilnimi 20 kV kablji, ki se priključijo na DV 20 kV Kostrivnica, odcep Negenje tč. 5. Kabli se uvedejo na predvideni leseni drog (na mesto obstoječega, ki se predhodno demontira) v betonskih kleščah z dopustno silo 4000 kN. Pred drogom v tč. 5 se izvedejo rezervne kabelske zanke. Trasa predvidenega kablovoda 20 kV od DV 20 kV Kostrivnica, odcep Negenje v tč. 5, najprej poteka ob obstoječi cesti. V predvidenem kabelskem jašku KJ1 se kabli uvedejo v predvideno kabelsko

kanalizacijo, ki poteka ob robu ceste oziroma delno v samem cestišču. Pri kabelskem jašku J7 trasa kablovoda zavije desno in se vzpne po brežini do tč. A. V tč. A se predvideni kabli kablovoda 20 kV položijo prosto v zemljo. Trasa predvidenega kablovoda 20 kV na tem delu poteka po travnati poti vse do gozda v tč. C. V tč. C se kabli zopet uvedejo v predvideno kabelsko kanalizacijo, ki poteka navzdol skozi gozd. V tč. KR6 predvideni kablovod križa vodotok Negonjščico. Po križanju vodotoka trasa predvidenega kablovoda poteka po obstoječi gozdni poti oziroma vlaki po hribu navzgor. Pri predvidenem kabelskem jašku KJ8 se trasa priključi na obstoječo občinsko makadamsko cesto. Trasa predvidenega kablovoda poteka predvidoma ob levem robu omenjene ceste oziroma jo križa glede na zahtevane odmike približevanja obstoječemu vodovodu, ki je položen v občinsko cesto. Tako trasa predvidenega KB 20 kV v predvideni kabelski kanalizaciji poteka vse do lokacije predvidene transformatorske postaje Zgornje Negonje. Pred predvideno TP Zgornje Negonje se izvedejo rezervne kabelske zanke. Kabli, zaključeni s kabelskimi končniki se v predvideni TP Zgornje Negonje priključijo na srednje napetostno varovalno podnožje, v SN prostoru TP, kjer se priključijo tudi srednje napetostni odvodniki prenapetosti. Na drugi strani se kabli na obstoječem N drogu zaključeni z zunanjimi kabelskimi končniki priključijo na odvodnike prenapetosti.

V transformatorski postaji je treba na kablovodu označiti smer poteka, dolžino in tip kablov. Vzporedno s traso kablovoda se položi tudi cev PE-HD 2 x Ø 50 mm, za kasnejšo položitev optike.

4.2 SPLOŠNI PODATKI

Naziv kablovoda:	KB 20 kV DV 20 kV Kostrivnica odcep Negonje tč. 5 - TP Zgornje Negonje
Nazivna napetost:	20.000 V
Tip enožilnih kablov:	NA2XS(F)2Y 1 x 70/16 RM mm ² , 20 kV
Kabelski končnik zunanji:	- POLT-24C/1XO, 12/20 kV, »Raychem«, CHE-F 24 kV, 70-240, »Cellpack«
Kabelski končnik notranji:	- POLT-24C/1XI, 12/20 kV, »Raychem«, CHE-I 24 kV, 70-240, »Cellpack«
Kabelska spojka:	POLJ 24/1 x 70 – 150, »Raychem«, CHMSC 50-150 mm, »Cellpack«
Zunanji SN odvodnik prenapetosti:	HDA 20MA-NHH, 25 kV, »Raychem«
Drog:	Leseni N drog
Vertikalni ločilnik:	RAL V-K 24-500, »Elektroservisi«, LSZ 24/630 SGO-V500, »TSN«,

Zaščitne cevi:	PVC Ø 160/3,2 mm, trdote SN 8, PVC Ø 110/2,2 mm, trdote SN 8
Dolžina kabla:	3 x 1353 m = 4059 Skupaj 4059 m.
Premer kabla:	33 mm
Polmer krivljenja:	minimalno 490 mm (po podatkih "Elka")
Maksimalne sile vlečenja:	0,5 x D ² = 544,5 daN – za plašč 3 x S _{Al} = 210 daN – za vodnik
Temperatura polaganja:	Priporočena temperatura polaganja je nad +5 °C, minimalna temperatura polaganja pa je –20 °C, v primeru polaganja kabla pri nižjih temperaturah je treba kabel pred polaganjem segreti na enega izmed predpisanih načinov.

4.2.1 Polaganje kabla

Enožilni 20 kV kabli se delno položijo prosto v zemljo, delno pa uvlečejo v predvideno kabelsko kanalizacijo, ki se izvede iz zaščitnih cevi PVC Ø 160 mm. Zaščitne cevi se obbetonirajo z 10 cm debelo plastjo betona C8/10. Pri polaganju kablov je treba upoštevati minimalne dopustne polmere krivljenja kablov ter maksimalne dopustne sile vlečenja kablov. Po položitvi kablov je treba posneti traso ter izdelati dokumentacijo o kablilih s podzemnim katastrom.

Po celotni trasi se vzporedno položi še cevi PE-HD 2 x Ø 50 mm za optične kable. Za tesnjenje kablov ali cevi za optične kable se pri prehodu skozi uvodnico na steni transformatorske postaje uporabijo sistemski pokrovi HSI 150-D3/58. Kabel se v pokrov namesti s pomočjo gumijastega centrirnega traku in zatesni s termo krčljivo cevjo. Vse prazne odprtine na pokrovu, ki ostanejo brez kabla, se zatesnijo s pomočjo tesnilnega čepa VS 58/60.

Izkopi jarkov in jam, globljih od 1 m, se morajo izvajati na ustrezen način tako, da je preprečeno rušenje zemljine. Robove izkopa je treba ustrezno zavarovati z oporami (zagatne stene ali razpiranje) ali izkope izvajati pod kotom notranjega trenja zemljine.

Pri polaganju kablov je treba upoštevati navodila in priporočila proizvajalcev kablov.

4.2.2 Polaganje kabla prosto v zemljo

Po trije 20 kV enožilni kabli se položijo direktno v zemljo v kabelski jarek globine 0,9 m in širine 0,40 m, ki ga je pri vzporednem polaganju več sistemov treba razširiti

tako, da je med sistemi razmik 20 cm. Kabli se položijo na globino 0,8 m v trikotnem razporedu v posebne plastične distančnike, ki se položijo na vsakih 1,5 m.

Z dna jarka je treba odstraniti vse ostre predmete, ki bi lahko poškodovali kabel. Kabli se položijo na 10 cm debelo plast mivke ali drobnozrnate zemlje, ter prekrijejo z enako plastjo iste. Za mehansko zaščito kablov se na plast mivke ali drobnozrnate zemlje položijo plastični ščitniki. Kabli se zasujejo z zemljo iz izkopa v slojih po 0,2 m. Pri zasipavanju je treba položiti plastični opozorilni trak z vtisnjenim opozorilom "POZOR ENERGETSKI KABEL". Opozorilni trak se položi 0,4 m nad kablom oz. 0,3 m pod nivojem površine kableskega jarka. Pri polaganju kablov je treba paziti, da se ne vlečejo po tleh in po ostrih predmetih, da se nedovoljeno ne zvijajo in da se ne delajo zanke.



*Slika 8: Polaganje kablovoda
(Vir: lasten)*

4.2.3 Kabelska kanalizacija

Kabelska kanalizacija se izdelava iz zaščitnih cevi PVC Ø 160 mm, za predvidene optične kable pa se dodatno položi cev PE-HD 2 x Ø 50 mm. Zaščitne cevi se pod voznimi površinami ob betonirajo z 10 cm debelo plastjo betona C8/10. Ostanek

kabelskega jarka se zasuje z zemljo iz izkopa. Zaradi ohranjanja potrebnega razmika med cevmi postavimo posebne nosilne distančnike na medsebojni razdalji 3 m. Pri večplastnem polaganju v jarek se cevi polagajo tako, da je vsaka plast cevi posebej zasuta in utrjena, preden se nanjo polaga naslednja plast. Vse zaščitne cevi se opremijo z vlečnimi vrvmi Al-Fe 35/6 mm².

Pri polaganju kablov je treba upoštevati minimalne dopustne polmere krivljenja kablov ter maksimalne dopustne sile vlečenja kablov.

Na trasi predvidenega KB 20 kV je predvideno 20 kabelskih jaškov, ki bodo polietilenski premera Φ 1600 mm. Polietilenski jašek je sestavljiv in omogoča hitro vgradnjo in kasnejšo nadgradnjo. Pred postavitvijo je treba narediti tampon debeline 10 cm in ga utrditi. Na pripravljeno posteljico se postavi PE jašek, ki se zasuje z materialom, enakih karakteristik, kot je posteljica. Material je treba skrbno v plasteh (v višini po 30 cm) utrditi in komprimirati. Pred dokončnim zasutjem jaška se izdelata armiranobetonski venec, v katerega je vbetoniran okvir za litoželezni pokrov. Pri asfaltiranju zgornjega ustroja se okvir litoželeznega pokrova vbetonira na vrhu betonskega venca. Pri izgradnji zaključnega armiranobetonskega venca je treba upoštevati, da le-ta ne nalaga na vrh jaška. Razdalja med vrhom jaška in zaključnim armiranobetonskim vencem oziroma spodnjim robom litoželeznega pokrova mora znašati minimalno 50 mm. S tem se statične in dinamične obremenitve ne prenašajo direktno na telo jaška, temveč na utrjeni zasip okrog jaška. Jašek se pokrije z litoželeznim pokrovom in dokončno zasuje. Na dnu jaška je treba izvrtati luknjo ter vstaviti cev Φ 50 mm, za odtok vode.

Predvideni kabelski jaški bodo pokriti z litoželeznimi pokrovi dimenzij 800 x 800 mm. Pokrovi morajo imeti na zgornji strani vtisnjen vidni napis »ELEKTRIKA«, oziroma kakšno drugačno označbo, ki označuje, da gre za jaške elektro kanalizacije.

4.2.4 Oporišče nosilni drog

Na DV 20 kV Kostrivnica odcep Nagonje se obstoječi N drog, v oporišču št. 5, zamenja s predvidenim impregniranim drogom dolžine 11 m, v betonskih kleščah z dopustnim upogibnim momentom 4000 kNm. Predvideni drog v oporišču št. 5 se opremi:

- z vertikalnim odklopnim ločilnikom tip LZS 24/630 S-V500, komplet s pogonom tip RPZL,
- srednje napetostnimi odvodniki prenapetosti tip HDA 20MA – NHH, 25 KV, z nosilno konzolo,
- z objemkami za pritrditev treh enožilnih 20 kV kablov na drog,
- s kabelskim koritom za mehansko zaščito kabla po drogu, dolžine 3 m,
- pri drogu se izdelata zaščitna ozemljitev on izenačitev potencialov ($R_z \leq 5 \Omega$).

Oprema za kabelski odcep se namesti na južno stran droga pod daljnovodom.

Vsi drogovi morajo biti opremljeni s tekočimi številkami, letnico gradnje in opozorilnimi tablicami z trajnim napisom (**POZOR VISOKA NAPETOST – SMRTNO NEVARNO**).

Opozorilne tablice se namestijo na drogove na strani dostopa, cca 2,5 m od tal. Daljnovod 20 kV bo na predvidenem N drogu, oporišče št. 5, izoliran za nazivno obratovalno napetost 20 kV.

Za izolacijo daljnovoda so uporabljeni podporni izolatorji tip PKI 24LS PA s povečano električno izolacijo.



*Slika 9: Priključni drog
(Vir: lasten)*

4.2.5 Ozemljitev na nosilnem drogu

Prehodna upornost ozemljitve zaradi vgradnje prenapetostnih odvodnikov mora biti po priporočilu SIST EN 50423-3-21:2009 manj kot 10Ω , vendar velikost ozemljitvene upornosti pri drogu ne sme presežati vrednosti 5Ω ($R_z \leq 5\Omega$).

Konzola N droga kakor tudi stikalna oprema s pogonom mora biti ozemljena tako, da je na stojišču zagotovljena dopustna napetost dotika. To je mogoče doseči z načrtovanjem ozemljilnega sistema ali z izenačitvijo potencialov po ozemljilni mreži ali z uporabo izolatorja na stojišču ali z uporabo izolacijske opreme ali s kombinacijo opisanih ukrepov.

Ozemljitev se izdelava v obliki dveh potencialnih obročev okoli temelja droga, ki se povežeta s kraki in kraki betoniranega ozemljila; prvi obroč bo v oddaljenosti 1 m od temelja droga in globini 0,5 m, ter drugi v oddaljenosti 2,5 m od temelja droga in globini 0,8 m, preostali del potrebnega pocinkanega valjanca se položi v obliki krakov. Vse skupaj se spoji s spodnjim ozemljitvenim vijakom, ki je privarjen na drog. Spoji valjanca v zemlji morajo biti vijačeni in antikorozijsko zaščiteni. Konstrukcija stikala in ozemljitveni vijak, ki je v armaturi droga, se povežeta s tokovnim lokom. Za izvedbo ozemljitve pri armiranobetonskem drogu potrebujemo glede na način izvedbe ozemljitve 72 m pocinkanega valjanca Fe-Zn 25 x 4 mm.

Kadar se pri izkopu izkaže, da je izkopani material glina ali zelo vlažna zemlja, se priporoča, da se uporabi valjanec in križne sponke iz nerjavnega jekla, da ne pride do razjedanja (korozije) materiala. Uporabita naj se valjanec tip RH4, 30x3,5 mm in križna sponka tip KON01 H4.

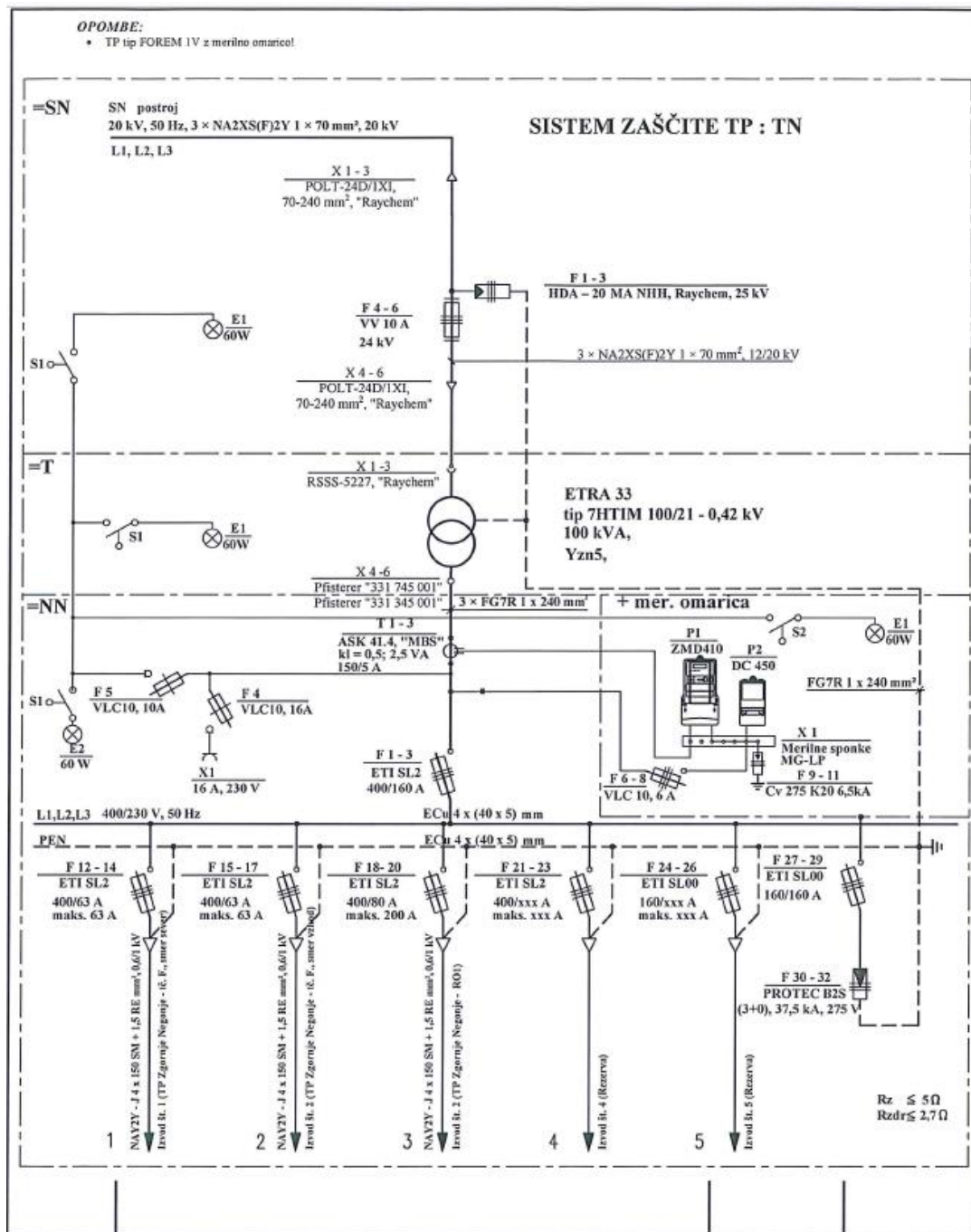
Na prehodih valjanca iz betona v zemljo naj se prehod zaščiti pred korozijo s premazi kot npr. katran, bitumen ali pa se zalijejo s plastično maso.

5 NIZKONAPETOSTNO OMREŽJE 0,4 KV

5.1 OPIS NIZKONAPETOSNIH IZVODOV

Iz TP Zgornje Nagonje se izvedejo trije predvideni nizkonapetostni kabelski izvodi, ki se vključijo v obstoječe nizkonapetostno omrežje. Predvideni kabli se položijo v predvideno kabelsko kanalizacijo oziroma delno prosto v zemljo. V transformatorski postaji je treba na kablovodih označiti smer poteka, dolžino in tip kabla. V predvideni TP Zgornje Nagonje je treba z meritvijo kratkostičnih zank izvodov preveriti ustreznost varovalnih vložkov posameznih izvodov, ki se po potrebi zamenjajo z ustreznimi.

Razporeditev kabelskih izvodov iz nove TP Zgornje Ngonje je razvidno iz priložene enočrtne sheme.



Slika 10: Enočrtna shema
 (Vir: lasten)

5.1.1 Izvod 1 – A-drog – smer sever

Izvod št. 1 iz TP Zgornje Nagonje bo izveden z zemeljskim kablom tip NAY2Y-J 4x150SM +1,5 mm², 0,6/1 kV, ki se opremi s kabelskim končnikom in v TP priključi na varovalno podnožje št. 1. Kabel se, v tč. F, vpelje na predviden A-drog NNO, kjer se spoji z obstoječim SKS X00/0-A 4x35 mm², v smeri sever. Predvideni A-drog v tč. F se postavi po tipizaciji DES, slika 113-0505, višine nad zemljo 8,6 m. A-drog se opremi s konzolo za odpon SKS, z zatezno sponko SKS, z odvodniki prenapetosti, z zaščito za kable po drogu, z zaščito za ozemljitev po drogu.

Pri A drogu v tč. F se izdelava 5-ohmsko ozemljilo, za kar je treba pri ocenjeni specifični upornosti tal 150 Ω pribl. 72 m pocinkanega valjanca Fe-Zn 25 x 4 mm, ki se položi v treh krakih pod kotom, ki ni manjši od 60°. Na ozemljilo se priključijo tudi odvodniki prenapetosti, ki se namestijo na drog. Upornost ozemljila je treba po izdelavi in zasutju izmeriti ter po potrebi izboljšati. V TP se kabel priključi na obstoječo NV-stikalno letev 400 A ter se varuje z varovalkami za nazivni tok 63 A.

5.1.2 Izvod 2 – A-drog – smer vzhod

Izvod št. 2 iz TP Zgornje Nagonje bo izveden z zemeljskim kablom tip NAY2Y-J 4x150SM +1,5 mm², 0,6/1 kV, ki se opremi s kabelskim končnikom in v TP priključi na varovalno podnožje št. 2. Kabel se, v tč. F, vpelje na predviden A drog NNO, kjer se spoji z obstoječim SKS X00/0-A 4x35 mm², v smeri – vzhod. A drog se dodatno opremi s konzolo za odpon SKS, z zatezno sponko SKS, z odvodniki prenapetosti, z zaščito za kable po drogu.

V TP se kabel priključi na obstoječo NV-stikalno letev 400 A ter se varuje z varovalkami za nazivni tok 63 A.



*Slika 11: A drog
(Vir: lasten)*

5.1.3 Izvod 3 – smer PS – RO1

Izvod št. 3 iz TP Zgornje Nagonje se je izvedel z zemeljskim kablom tip NAY2Y-J 4x150 +1,5 mm², 1 kV, ki se opremi s kabelskim končnikom in v TP priključi na varovalno podnožje št. 3. Predvideni kabel se položi do PS–RO1, kjer poteka po trasi predvidenega SN-kablovoda, za predvideno TP Zgornje Nagonje. Kabel se v predvideni prostostoječi kabelski razdelilni omari PS–RO1 priključi na priključno letev izvedeno z »Eti« NV stikalno letvo vel. 2, 400 A, za zbiralnice Cu 30 x 5 mm. V »priključno letev« se namestijo slepi varovalni vložki oziroma varovalnimi vložki enakovrednimi na predhodnem izvodu. Za PS–RO1 se uporabi razdelilna omara tip A/FK 4 H Kosič, dimenzije 1080 x 590 x 320 v x š x g (mm), ki se opremi z dvema »Eti« NV stikalnima letvama vel. 00, bakrenimi zbiralnicami 30 x 5 mm s podporo,

PEN zbiralko, odvodniki prenapetosti Protec B2S 37,5/275 (3+0). Predvidena PS–RO1 se postavi na parcelo št. 793/1, k. o. Nagonje.

Pri PS–RO1 se izdelava 5-ohmsko ozemljilo, za kar je treba pri ocenjeni specifični upornosti tal 150 ohmov pribl. 72 m pocinkanega valjanca Fe-Zn 25 x 4 mm, ki se položi v treh krakih pod kotom, ki ni manjši od 60°. Na ozemljilo se priključijo tudi odvodniki prenapetosti, ki se namestijo v omarico. Upornost ozemljila je potrebno po izdelavi in zasutju izmeriti ter po potrebi izboljšati. V TP se kabel priključi na obstoječo NV-stikalno letev 400 A ter se varuje z varovalkami za nazivni tok 80 A.



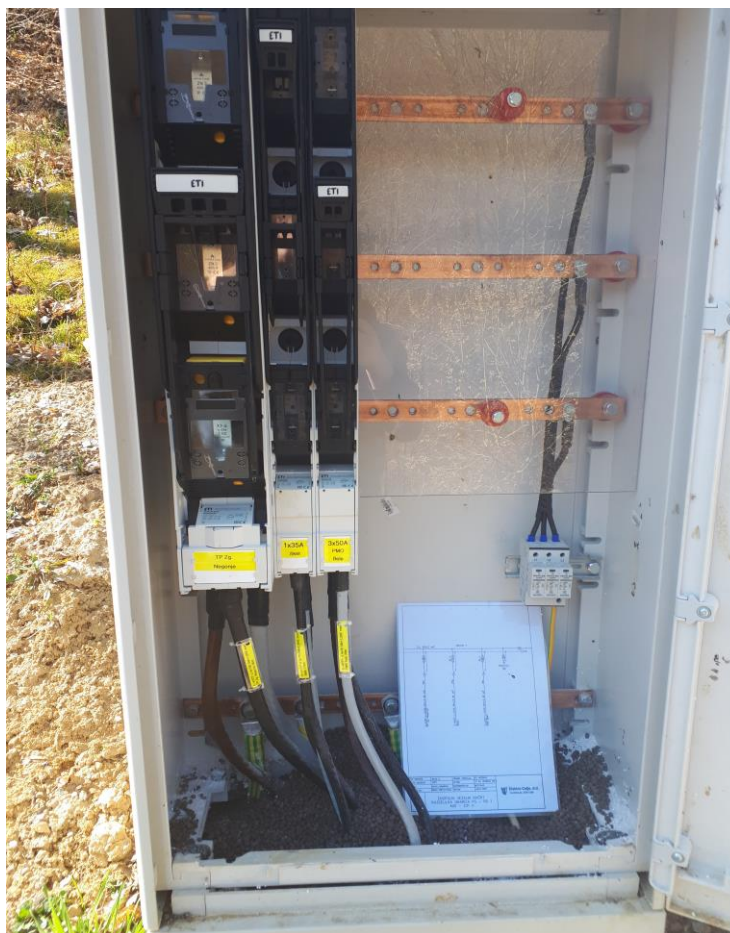
Slika 12: PS–RO1
(Vir: lasten)

5.1.3.1 Izvod 1 iz PS–RO1 – smer Bele

Izvod št. 1 se je izvedel z obstoječim zemeljskim kablom, tip PP00-A 4x70+1,5 mm², 1 kV, ki se pri predvideni PS–RO1, prereže. Konec omenjenega kabla, ki poteka v smeri NNO zahod (Bele), se opremi s kabelskim končnikom. V PS–RO1 se priključi na varovalno podnožje št. 1, tip Eti SL00, 160 A. Izvod se, v PS–RO1, varuje z NV-varovalnimi vložki za nazivni tok 50 A.

5.1.3.2 Izvod 2 iz PS–RO1 smer NNO

Izvod št. 2 se je izvedel s predvidenim zemeljskim kablom, tip NAY2Y-J 4x70+1,5 mm², 1 kV, ki se, se opremi s kabelskim končnikom in v PS–RO1 priključi na varovalno podnožje št. 2, tip Eti SL00, 160 A. Izvod se, v PS–RO1, varuje z NV varovalnimi vložki za nazivni tok 35 A. Predvideni kabel se položi do tč. E NNO, kjer se s predvideno kabelsko spojko spoji z obstoječim kablom. Izvod se, v PS–RO1, varuje z NV-varovalnimi vložki za nazivni tok 35 A.



Slika 13: Oprema PS–RO1
(Vir: lasten)

5.1.3.3 Polaganje NN-kablov

Niskonapetostni kabli se položijo prosto v zemljo in deloma v kabelsko kanalizacijo. Pri križanju komunalnih vodov se zaščitijo s položitvijo v obbetonirane zaščitne cevi. Za polaganje prosto v zemljo se uporabljajo kabli s PVC-izolacijo in trdim PE plaščem, za polaganje kablov v kabelsko kanalizacijo pa se uporabljajo kabli z XLPE-izolacijo in PV-plaščem.

Dovoljeni polmer upogibanja pri polaganju (R_{Pmin}) ne sme biti manjši od $12 \times D_{kabela}$ za večžilne kable. Polmer upogibanja se lahko zmanjša na 50 % nazivnega pri upogibanju kabla s šablono.

Maksimalna vlečna sila pri vlečenju kabla so določeni po formuli ($F = \sigma \times S$, kjer je $\sigma_{Al} = 30 \text{ N/mm}^2$, $\sigma_{Cu} = 50 \text{ N/mm}^2$).

Tip kabla	D_{kabela} [mm]	R_{Pmin} [mm]	S [mm ²]	σ [N/mm ²]	F [N]
NAY2Y-J 4x150+1,5 mm ²	44,7	536,4	150	30	4.500
NAY2Y-J 4x70+1,5 mm ²	34,2	410,4	70	30	2100
NAY2Y-J 4x35+1,5 mm ²	28,4	340,8	35	30	1050

Minimalna dovoljena temperatura pri polaganju za kable s PVC izolacijo je $-20 \text{ }^{\circ}\text{C}$, za kable z XLPE izolacijo pa $-5 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Pri polaganju kablov je treba upoštevati navodila in priporočila proizvajalcev kablov, smernice upravljalcev komunalnih vodov in navodila "Smernice in navodila za izbiro, polaganje in prevzem elektroenergetskih kablov nazivne napetosti 1 kV do 35 kV" (Elektroinštitut "Milan Vidmar", referat št. 2090).

5.1.4 Ozemljitev na izvodih transformatorske postaje

V TN-sistemu napajanja se morajo, zaradi zaščite pred posrednim dotikom vsi izpostavljeni prevodni deli instalacije oziroma naprav, povezovati z zaščitnim vodnikom in z ozemljitveno točko sistema. Običajno je ozemljitvena točka sistema hkrati tudi nevtralna točka sistema.

Zaščitni vodniki morajo biti ozemljeni v ali blizu pripadajočega transformatorja ali generatorja. Da se ohrani potencial zaščitnega vodnika v primeru okvare čim bližje zemeljskemu potencialu, je treba izvesti ozemljitev v dodatnih točkah, razporejenih čim bolj enakomerno. Zaradi navedenega se v niskonapetostnem omrežju izvedejo

ozemljitve PEN-vodnika pri transformatorski postaji in na koncu vsake veje, daljše od 200 m. Upornost ozemljila transformatorske postaje ali generatorja ne sme presegati 5 Ω . Skupna upornost ozemljil v vsaki radialni veji nizkonapetostnega omrežja pa ne sme biti večja kot 10 Ω .

Zaščitni vodniki se na mestu vstopa v zgradbe ali objekt praviloma ozemljijo iz istega razloga. V stalno položenih električnih instalacijah se sme isti vodnik uporabljati kot zaščitni in nevtralni vodnik (vodnik PEN) s pogojem, da ustreza zahtevam za te vodnike.

Zaščita pred prenapetostmi, ki se lahko pojavijo zaradi atmosferskih praznitev, je v TP izvedena s prenapetostnimi odvodniki za notranjo montažo, ki so priklopljeni na združeno ozemljitev transformatorske postaje (zaščitna, obratovalna ozemljitev). Za prehode na prosto zračno omrežje se predvidijo odvodniki prenapetosti za zunanjo montažo, za vgradnjo v razdelilne in priključne omarice pa odvodniki prenapetosti za notranjo montažo.

Prehodna upornost ozemljitve zaradi vgradnje odvodnikov prenapetosti mora biti po priporočilu SIST EN 50423-3-21:2009 manj kot 10 Ω , vendar velikost ozemljitvene upornosti ne sme presegati vrednosti 5 Ω , za kar je potrebno pri oceni specifične upornosti tal 150 Ωm pribl. 72 m pocinkanega valjanca Fe-Zn 25 x 4 mm. Valjanec se položi v jarek skupaj s predvidenimi kabli ali v treh krakih pod kotom 60°, zahtevi za ozemljitev pa je zadoščeno, če je ozemljitev izvedena kot dvokrako žarkasto ozemljilo pod kotom najmanj 60° z dolžino krakov najmanj 10 m, ki sta zakopana v globino od 0,5 m do 0,8 m. Na ozemljitev mora biti priključen tudi nevtralni vodnik NN omrežja.

Obstoječe ozemljitve je treba preveriti in jih izboljšati, če je to potrebno. Skupna vrednost ozemljitvene upornosti vseh ozemljil R_{zdr} , ki je odvisna od vpliva vseh ozemljitvenih upornosti ozemljil vezanih na PEN-vodnik pripadajočega nizkonapetostnega omrežja, se pred priključitvijo TP v obratovanje izmeri in mora ustrezati vrednosti $R_{zdr} [2,7 \Omega$. V nasprotnem primeru se v nizkonapetostnem omrežju na primernih mestih dodatno izdelajo ozemljitve, ki se priklopijo na PEN vodnik.

Pregled in meritve ozemljitev se izvajajo po 8. členu Pravilnika o zaščiti NN-omrežij in pripadajočih TP. Ozemljitveno upornost obratovalne, zaščitne in združene ozemljitve je treba izmeriti, pregledati in izdelati oceno ustreznosti pred začetkom obratovanja, nato pa najmanj vsakih pet let. Ozemljitveno upornost strelvodne zaščite NN-omrežja je treba izmeriti, pregledati in izdelati oceno ustreznosti pred začetkom obratovanja, nato pa vsakih deset let, pregled pa je treba izvesti najmanj vsakih pet let.

5.2 KONTROLA PADCEV NAPETOSTI V NN OMREŽJU

Pri kontroli padcev napetosti v nizkonapetostnem omrežju upoštevamo »Splošne pogoje za dobavo in odjem električne energije iz distribucijskega omrežja električne energije (Ur. list RS, št. 126/07) in standard SIST EN 50160.

Padec napetosti kontroliramo od TP do zadnjega porabnika električne energije v nizkonapetostnem omrežju po naslednji enačbi:

$$U_{\%} = k \times P \times l \quad \text{pri čemer bo:} \quad k = \frac{R_s \left(1 + tg\varphi \frac{X_s}{R_s} \right)}{10 \times U^2}$$

R_s	- ohmska upornost (Ω/km)
X_s	- induktivna upornost (Ω/km)
$tg\varphi=0,328$	- faktor izgube ($\cos\varphi = 0,95$)
U	- nazivna napetost (kV)
P	- prenosna moč (kW)
l	- dolžina voda (km)

5.2.1 Izračun kratkostičnih razmer in določitev varovanja izvodov

Temeljni pogoj zaščite s samodejnim odklopom napajanja v TN-sistemu je, da je okvari tok, ki nastane pri popolnem kratkem stiku faznega vodnika z nevtralnim vodnikom, večji ali vsaj enak odklopnemu toku pripadajoče varovalke. Nazivni tok varovalke mora biti enak ali večji od (bremenskega) toka izvoda.

$$1. \quad I_k \geq I_i \quad \text{kjer je:} \quad I_k = \frac{U_f}{Z}, \quad I_i = k \times I_{nv}$$

$$2. \quad I_{nv} \geq I_b, \quad I_b = \frac{P}{\sqrt{3} \times U_n \times \cos\varphi},$$

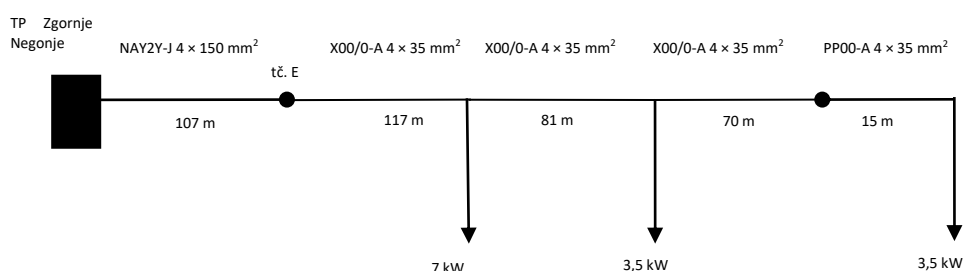
Z	- impedanca zanke (Ω)
I_k	- kratkostični tok (A)
U_f	- napetost proti zemlji (V)
I_{nv}	- nazivni tok varovalke (A)
I_i	- izklopni tok varovalke (A)
k	- faktor 2,5 za varovalke
P	- prenosna moč (kW)
U_n	- nazivna napetost (kV)
$\cos\varphi$	- faktor moči

- I_z - trajni zdržni tok vodnika ali kabla po SIST IEC 60364-4-43:2009 v (A)
- t_v - čas izklopa (pregoret ja) varovalke Po "gL" karakteristiki varovalnih elementov iz proizvodnega programa ELEKTROELEMENT IZLAKE

Rezultati kontrole padcev napetosti, izračuna kratkostičnih razmer in določitve varovanja izvodov so zbrani v nadaljevanju.

5.2.1.1 Izvod 1 iz TP ZG Nagonje – smer sever

- Shema razvoda



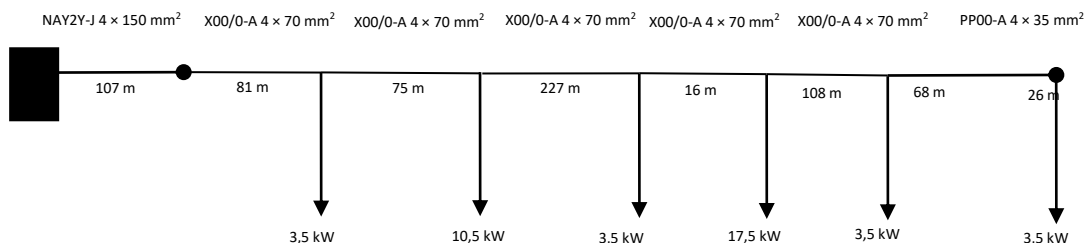
Transformator/vodnik	k	P (kW)	l (m)	u (%)	Z (Ω)	I_z (A)	I_{k1} (A)	I_{k2} (A)	I_{i1} (A)	
TR 100 kVA	/	/	/	/	0,064	/				
NAY2Y-J 4x150SM + 1,5RE mm ²	0,171	14,00	107	0,26	0,046	225,5				
X00/0-A 3x35+71,5 mm ²	0,561	14,00	117	0,92	0,190	131				
X00/0-A 3x35+71,5 mm ²	0,561	7,00	81	0,32	0,139	131				
X00/0-A 3x35+71,5 mm ²	0,561	3,50	70	0,14	0,121	131				
PP00-A 4x35 mm ²	0,669	3,50	15	0,04	0,031	120				
SKUPAJ	/	14,00	390	1,67	0,591	120	21,27	371,09	157,5	
I_{ov} (A)										63
$I_{ov,max}$ (A)										63
t_v (sek)										1,21

Tabela 2: Izračun smer sever
(Vir: lasten)

5.2.1.2 Izvod 2 iz TP ZG. Nagonje – smer vzhod

- Shema razvoda

TP Zgornje Nagonje

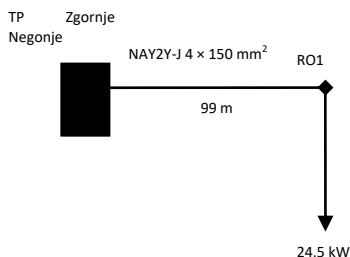


Transformator/vodnik	k	P (kW)	l (m)	u (%)	Z (Ω)	I _z (A)	I _b (A)	I _k (A)	I _j (A)
TR 100 kVA	/	/	/	/	0,064	/			
NAY2Y-J 4x150SM + 1,5RE mm ²	0,171	37,50	107	0,69	0,046	225,5			
X00/0-A 3x70+71,5 mm ²	0,314	37,50	81	0,95	0,071	198			
X00/0-A 3x70+71,5 mm ²	0,314	34,00	75	0,80	0,069	198			
X00/0-A 3x70+71,5 mm ²	0,314	23,50	227	1,67	0,215	198			
X00/0-A 3x70+71,5 mm ²	0,314	20,00	16	0,10	0,015	198			
X00/0-A 3x70+71,5 mm ²	0,314	7,00	108	0,24	0,103	198			
X00/0-A 3x70+71,5 mm ²	0,314	3,50	68	0,07	0,065	198			
PP00-A 4x35 mm ²	0,669	3,50	26	0,06	0,054	120			
SKUPAJ	/	37,50	708	4,59	0,703	120	56,98	312,02	157,5
I _{ov} (A)									63
I _{ov,max} (A)									63
t _v (sek)									2,66

Tabela 3: Izračun smer vzhod
(Vir: lasten)

5.2.1.2 Izvod 3 iz TP ZG. Nagonje – PS–RO1

- Shema razvoda

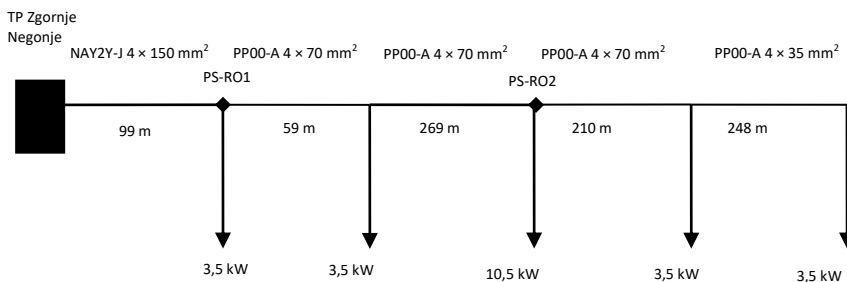


Transformator/vodnik	k	P (kW)	l (m)	u (%)	Z (Ω)	I _z (A)	I _b (A)	I _k (A)	I _l (A)
TR 100 kVA	/	/	/	/	0,064	/			
NAY2Y-J 4x150SM + 1,5RE mm²	0,171	24,50	99	0,41	0,042	225,5			
SKUPAJ	/	24,50	99	0,41	0,106	225,5	37,22	2063,13	200
I _{lox} (A)									80
I _{lox max} (A) (po SIST IEC 60364-4-43:2009)									200
t _v (sek)									0,0001

Tabela 4: Izračun PS–RO1
(Vir: lasten)

5.1.2.4 Izvod 1 iz PS–RO1 smer Bele

- Shema razvoda

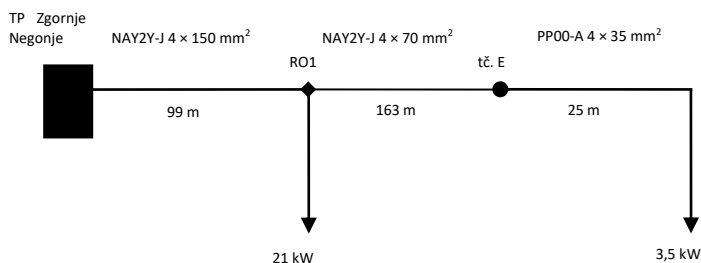


Transformator/vodnik	k	P (kW)	l (m)	u (%)	Z (Ω)	I _z (A)	I _k (A)	I _k (A)	I _i (A)
TR 100 kVA	/	/	/	/	0,064	/			
NAY2Y-J 4×150SM + 1,5RE mm ²	0,171	24,50	99	0,41	0,042	225,5			
PP00-A 4x70 mm ²	0,349	21,00	59	0,43	0,056	175			
PP00-A 4x70 mm ²	0,349	17,50	269	1,65	0,282	175			
PP00-A 4x70 mm ²	0,349	7,00	210	0,51	0,225	175			
PP00-A 4x35 mm ²	0,669	3,50	248	0,58	0,515	120			
SKUPAJ	/	17,50	885	3,59	1,185	120	26,59	493,33	125
I_{ov} (A)									50
I_{ov max} (A)									100
t_v (sek)									0,11

Tabela 5: Izračun smer bele
(Vir: lasten)

5.1.2.5 Izvod 2 iz PS-RO1 NNO v tč. E

- Shema razvoda



Transformator/vodnik	k	P (kW)	I (m)	u (%)	Z (Ω)	I _z (A)	I _b (A)	I _k (A)	I _i (A)
TR 100 kVA	/	/	/	/	0,064	/			
NAY2Y-J 4x150SM + 1,5RE mm ²	0,171	24,50	99	0,41	0,042	225,5			
NAY2Y-J 4x70SM + 1,5RE mm ²	0,349	3,50	163	0,20	0,163	143,5			
PP00-A 4x35 mm ²	0,669	3,50	25	0,06	0,050	120			
SKUPAJ	/	3,50	287	0,67	0,320	120	5,32	685,31	87,5
I_{lox} (A)									35
I_{lox max} (A)									100
t_v (sek)									0,01

Tabela 6: Izračun PS–RO1 NNO
(Vir: lasten)

6 ZAKLJUČEK

Cilj diplomske naloge je bil prikazati, na kakšen način izboljšati napetostne razmere v naselju Zgornje Nagonje, ki se nahaja v občini Rogaška Slatina. Omenjeno omrežje je bilo grajeno leta 1973 in ni ustrezalo več trenutnim razmeram in smernicam. Na podlagi pritožb odjemalcev in meritev iz Elektro Celja, d. d., ki je ugotovilo, da padci napetosti pri končnih odjemalcih presegajo zakonsko določene vrednosti, se je podjetje odločilo za rekonstrukcijo omrežja.

V prvi fazi je bila na podlagi meritev in predvidenega stanja na terenu narejena projektna naloga, kjer se je določilo, kakšen tip transformatorske postaje je potreben ter posledično tip in presek srednjenapetostnega kablovoda. Pri dimenzioniranju je bila upoštevana rezerva, da bi ob morebitnem kasnejšem povečanju moči bila možna zamenjava transformatorja za večjega v enakem ohišju. Pri sami umestitvi transformatorske postaje v prostor je pomembno, da je lokacija izbrana tako, da je na mestu postavitve center obtežbe. Nato smo določili traso 20 kV napajalnega kabla, ki služi za napajanje transformatorske postaje. Prikazali smo tudi stojno mesto za omenjeno omrežje. Po določitvi moči transformatorja in tras kablovodov smo naredili izračun kratkostičnih razmer, kjer smo videli, kakšni morajo biti minimalni preseki kablovodov. Upoštevali smo rezervo, saj menimo, da se bo v prihodnjih letih oz. pričakovani življenjski dobi vgrajene opreme povečala poraba po električni energiji. Glede na potrebe se je postavila razdelilna omarica za nizkonapetostni razvod omrežja, kjer smo predvideli še možnost kasnejšega priklopa dveh dodatnih izvodov.

Na trasi so se kablovodi položili prosto, delno pa v zaščitne cevi glede na lokacijo in predvideno uporabo zemljišča.

Z zamenjavo transformatorja smo dosegli, da je postala dobava električne energije kvalitetnejša, kot jo zahteva uredba o splošnih pogojih za dobavo in odjem električne energije ter prav tako omogoča še priklop novih odjemalcev. S pokablitvijo nizkonapetostnega omrežja pa smo zagotovili zanesljivo dobavo električne energije, kar ima za posledico pozitivne ekonomske učinke, saj bo prihajalo do manj izpadov elektroenergetskega omrežja.

7 LITERATURA IN VIRI

Anton K., Stanko V. (2011). Osnove elektrotehnike. Konzorcij višjih strokovnih šol za izvedbo projekta IMPLETUM

Bizjak G. Elementi električnih inštalacij. pridobljeno 17. 5. 2020 z naslova http://lrf.fe.uni-lj.si/e_eir/eir02i.pdf,

Brechmann, G. (1994). Elektrotehniški priročnik. Ljubljana: Viharnik

Elektroinštitut Milan Vidmar, Kriteriji načrtovanja NN-omrežja, študija št.: 2400, Ljubljana, maj 2020

GIZ(2013), *Enožilni energetske kabli 12/20/24 KV, Tehnične smernice za material in dobavo.*

GIZ(2013), NN energetske kabli 1kV, Tehnične smernice za material in dobavo.

GIZ(2013), Smernice in navodila za izbiro, polaganje in prevzem elektroenergetskih kablov nazivne napetosti 1 kV do 35 kV.

<http://www.tsn.si/betonske-transformatorske-postaje/>, pridobljeno 1. 6. 2020

<https://sl.wikipedia.org/wiki/Daljinovod>, pridobljeno 29. 5. 2020

https://sl.wikipedia.org/wiki/Elektri%C4%8Dno_omre%C5%BEje, pridobljeno 4.5.2020

<https://sodo.si/sl>, pridobljeno: 15. 4. 2020

<https://www.eles.si/zakladnica-znanja/ArticleID/12816/Delitev-elektri%C4%8Dnih-omre%C5%BEij>, pridobljeno: 05.06.2020

Jaki, F.(2000). Prenos električne energije I: literatura za predmet. Maribor: Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

Kos, I.(1968). Transformatorske postaje. Maribor: Elektrogospodarski šolski center

Mithas, O. (1990). Transformatorske postaje in ozemljitve. Ljubljana: ICES [f.e.]Izobraževalni center elektrogospodarstva Slovenije.

Rožman, R. (2013). Prenos električne energije. Krško: Neviodynam